



(19)

**Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets**



(11)

EP 0 974 825 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**26.01.2000 Patentblatt 2000/04**

(51) Int Cl.7: **G01L 19/06, G01L 19/14,**  
**G01L 13/02, G01L 9/00**

(21) Anmeldenummer: 99113688.8

(22) Anmeldetag: 15.07.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

- **Schmidt, Elke Maria, Dipl.-Ing.**  
**79650 Schopfheim (DE)**
- **Rossberg, Andreas, Dr.**  
**79713 Bad Säckingen (DE)**
- **Drewes, Ulfert, Dipl.-Phys.**  
**79379 Müllheim (DE)**

(30) Priorität: 21.07.1998 EP 98113587

(71) Anmelder: ENVEC Mess- und Regeltechnik  
GmbH + Co.  
79576 Well am Rhein (DE)

(72) Erfinder:  
• **Hegner, Frank Dr.**  
**79540 Lörrach (DE)**

(74) Vertreter: **Andres, Angelika et al**  
**PatServ-Zentrale Patentabteilung,**  
**Endress + Hauser (Deutschland) Holding GmbH,**  
**Postfach 2222**  
**79574 Weil/Rhine (DE)**

## (54) Relativdruck-Sensor

(57) Zur Schaffung eines Relativdruck-Sensors mit frontbündiger Membran, bei dem die Referenzluft ihren aktuellen Taupunkt immer schon erreicht, bevor sie ins Gehäuse-Innere gelangt, umfaßt der Sensor (1) ein kapazitives, resistives oder piezoelektrisches Sensorelement (2) mit einer Membran (21). Eine von deren Außenflächen (211) kommt mit einem unter einem Druck stehenden Medium beim Messen in direkten Kontakt. Ein Gehäuse (7) hat einen Innenraum (71) und einen über den Innenraum weitgehend offenen Frontteil (72), in dessen Nähe die Membran den Innenraum derart verschließt, daß der Frontteil über die Membran vorsteht. Das Gehäuse ist mit einer durch den Frontteil von einer Außenseite aus angebrachten Bohrung (721) zur Führung von Referenzluft versehen. Diese Bohrung ist von der Außenseite her mit einem offenporigen, gut wärmeleitenden und hydrophob gemachten Filter (8) verschlossen. Dieses ist bevorzugt ein Sintermetall aus z. B. Bronze oder Edelstahl bzw. ein Metall-Schwann aus Titan oder Zirconium, die mit einer Imprägnierflüssigkeit getränkt wurde, die eingebrannt ist. Filter und Membran befinden sich somit auf möglichst gleicher Temperatur.

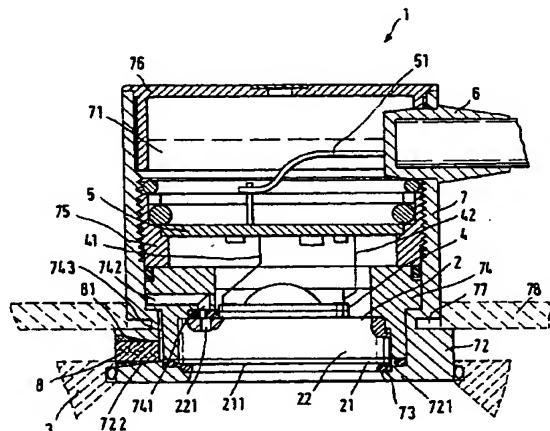


FIG. 1

**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft Relativdruck-Sensoren. Damit lassen sich Drücke von Medien, z.B. von Flüssigkeiten, Gasen oder Dämpfen, messen, wobei die Messung gegenüber dem gerade herrschenden Atmosphären- oder Umgebungsdruck erfolgt, also dieser Atmosphären- oder Umgebungsdruck als Referenzdruck dient.

[0002] In der US-A 57 47 694 ist ein Relativdruck-Sensor beschrieben, der umfaßt:

- ein Sensorelement,
  - das auf einem Glaspodest befestigt ist und
  - das durch eine Führung von Referenzluft dienende Bohrung im Glaspodest hindurch mit einem einen zu messenden Druck aufweisenden Medium in Verbindung steht, und

- ein Gehäuse
  - mit einem Innenraum,
  - mit einem Druckanschluß-Stutzen,
  - mit einer für die Referenzluft zugänglichen seitlichen Kammer,
    - in die, sie abschließend, in einer Ebene oberhalb des Sensorelements ein hydrophobes, offenporiges Filter eingesetzt ist, und
  - mit einer oberhalb des Sensorelements angeordneten Referenzluft-Kammer,
    - in die die Referenzluft vom Filter aus gelangt.

[0003] Ferner ist in der US-A 50 79 953 als eine von drei Varianten ein Relativdruck-Sensor beschrieben, der umfaßt:

- ein kapazitives Sensorelement mit einer Membran und einem Grundkörper,
  - der an einem Rand mit einem Rand der Membran unter Bildung einer Kammer mittels einer Fügestelle druckdicht verbunden ist und
  - durch den eine Führung von Referenzluft dienende Bohrung von einer Außenseite bis in die Kammer hindurchführt,
    - wobei eine Außenfläche der Membran mit einem unter einem Druck stehenden Medium beim Messen in direkten Kontakt kommt, und
- ein Gehäuse

- mit einem Innenraum,
- mit einem Anschlußteil,
  - der in einen Druckanschluß-Stutzen übergeht und
  - in den die Membran, den Innenraum verschließend, eingesetzt ist,
- mit einem Deckel und
- mit einer von einer Stirnseite des Frontteils durch eine Wand des Gehäuses in den Deckel führenden und erst dort in das Gehäuse mündenden Bohrung zur Führung von Referenzluft.

[0004] Üblicherweise ist, was in der US-A 50 79 953 nicht erwähnt ist, die Austrittsöffnung der Referenzluft-Bohrung im Frontteil mit einem offenporigen, hydrophoben Polytetrafluorethylen-Filterpropfen verschlossen, damit keine verunreinigenden Partikel ins Innere des Gehäuses und somit zum Sensorelement gelangen können, Spritz- und/oder Kondenswasser abgewiesen wird und Wassertropfen nicht in den Innenraum gesaugt werden.

[0005] Die Austrittsöffnung der Referenzluft-Bohrung liegt bei der Anordnung nach der US-A 50 79 053 im Gegensatz zu der Anordnung der US-A 57 47 694 tiefer als die Membran und ist daher so angeordnet, daß die Referenzluft den Taupunkt von in ihr enthaltener Feuchte schon erreicht hat und daraus auskondensiertes Wasser somit nach außen abfließen kann, bevor die Referenzluft ins Innere des Gehäuses gelangt.

[0006] Dies ist bei der Anordnung der US-A 57 47 694 gerade nicht so, so daß trotz des hydrophoben Filters feuchtigkeitsgesättigte Luft bis zum Sensorelement gelangen kann. Diese US-A macht auch keine Angaben dazu, aus was für einem Material das Filter besteht; üblicherweise ist es daher wie bereits erwähnt ein Polytetrafluorethylen-Filter.

[0007] Bei der Umkonstruktion des Relativdruck-Sensors nach der US-A 50 79 053 dahingehend, daß auf den Anschlußstutzen verzichtet und praktisch die gesamte Membranfläche vom Medium direkt bespült werden kann, also bei der Schaffung eines sogenannten frontbündigen Relativdruck-Sensors, hat sich nun gezeigt, daß der Polytetrafluorethylen-Filterpropfen und die zugehörige Austrittsöffnung seitlich in einem Frontteil des Gehäuses angeordnet werden müssen und daß daher der Taupunkt der Referenzluft nicht mehr außerhalb des Innenraums des Gehäuses liegt; er liegt nämlich praktisch am Sensorelement selbst. Somit kondensiert der Wasserdampf im Innenraum des Gehäuses sowie am oder im Sensorelement, und sowohl dieses als auch nach diesem das Gehäuse laufen allmählich mit Wasser voll.

[0008] Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß der Polytetrafluorethylen-Filterpropfen nur eine im Vergleich zum Metall des Gehäuses sehr geringe Wärmeleitfähigkeit aufweist. Somit gelangt auch hier was-

serdampf-gesättigte Referenzluft, die wärmer als die Membran ist, in den Innenraum des Gehäuses, ohne daß ihre Feuchte am Polytetrafluorethylen-Filterporen auskondensiert, selbst wenn der Frontteil des Gehäuses auf der Temperatur des aktuellen Taupunkts der Referenzluft liegt.

[0009] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, einen Relativdruck-Sensor mit frontbündiger Membran anzugeben, bei dem die Referenzluft ihren aktuellen Taupunkt immer schon erreicht, bevor sie ins Gehäuse-Innere gelangt.

[0010] Zur Lösung dieser Aufgabe besteht die Erfindung in einem Relativdruck-Sensor, der umfaßt:

- ein kapazitives, resistives oder piezoelektrisches Sensorelement
  - mit einer Membran,
    - von der eine Außenfläche mit einem unter einem Druck stehenden Medium beim Messen in direkten Kontakt kommt; und
  - ein Gehäuse
    - mit einem Innenraum,
    - mit einem über den Innenraum weitgehend offenen Frontteil,
      - in dessen Nähe die Membran den Innenraum derart verschließt, daß der Frontteil über die Membran vorsteht, und
      - mit einer durch den Frontteil von einer Außenseite in das Gehäuse hinein angebrachten Bohrung zur Führung von Referenzluft,
        - die von der Außenseite her mit einem offenenporigen, gut wärmeleitenden und hydrophoben Filter verschlossen ist, so daß sich Filter und Membran auf möglichst gleicher Temperatur befinden.

[0011] Nach einer ersten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung besteht das Filter aus einem hydrophob gemachten Sintermetall oder einem hydrophob gemachten Metall-Schwamm; das Sintermetall kann bevorzugt aus Edelstahl oder Bronze, der Metall-Schwamm aus Titan- oder Zirconium-Schwamm bestehen.

[0012] Nach einer zweiten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist ein kapazitives Sensorelement vorgesehen,

- das zusätzlich zur Membran einen Grundkörper umfaßt,
  - der an einem Rand mit einem Rand der Mem-

bran unter Bildung einer Kammer mittels einer Fügestelle druckdicht verbunden ist und

- durch den eine der Führung von Referenzluft dienende Bohrung von einer Außenseite bis in die Kammer hindurchführt,

- und bei dem auf einer Innenseite der Membran eine Elektrode und auf einer gegenüberliegenden Innenseite des Grundkörpers mindestens eine Elektrode angeordnet sind,

- wobei die Elektrode(n) des Grundkörpers durch diesen hindurch zu dessen Außenseite hin elektrisch kontaktiert sind und
- die Elektrode der Membran durch die Fügestelle hindurch elektrisch kontaktiert ist.

[0013] Nach einer dritten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist ein resistives Sensorelement vorgesehen, bei dem auf der Membran ein einziger Dehnmeßstreifen oder eine Halbbrücke aus zwei Dehnmeßstreifen oder eine Vollbrücke aus vier Dehnmeßstreifen angeordnet ist.

[0014] Nach einer vierten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist ein piezoelektrisches Sensorelement vorgesehen, bei dem auf der Membran mindestens ein Piezoelement angeordnet ist.

[0015] Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß der Taupunkt der Referenzluft wegen der guten Wärmeleitfähigkeit des Filters nun immer am Filter selbst liegt, weil sichergestellt ist, daß die Oberflächen-Temperatur des Filters praktisch gleich der Temperatur der Membran und des Mediums ist.

[0016] Daher kann sich das Filter wegen dessen hydrophober Eigenschaften nicht mit Wasser vollsaugen, sondern das aus der Referenzluft auskondensierte Wasser wird nach außen abgeleitet. Im Innenraum des Gehäuses und im oder am Sensorelement wird der Taupunkt nicht mehr unterschritten, so daß kein kondensiertes Wasser im Innenraum entsteht.

[0017] Die Erfindung wird nun anhand der Figuren der Zeichnung näher erläutert, in denen Ausführungsbeispiele schematisch dargestellt sind.

45 Fig. 1 zeigt im Schnitt eine Vorderansicht eines Relativdruck-Sensors, und

Fig. 2 zeigt schematisch eine Beschichtungsvorrichtung, in der Sintermetall-Filter hydrophob gemacht werden.

[0018] In Fig. 1 ist eine Vorderansicht eines Relativdruck-Sensors 1 im Schnitt dargestellt, der im folgenden kurz als Sensor bezeichnet ist. Wesentliche Teile des Sensors sind ein Sensorelement 2 mit einer Membran 21, von der eine Außenfläche 211 mit einem unter einem Druck stehenden Medium beim Messen in direkten Kontakt kommt. Dieses Medium kann z.B. in einem Vorrats-

behälter 3 gespeichert sein, von dem in Fig. 1 nur ein Teil dargestellt ist und in dessen Wand der Sensor 1 eingesetzt ist.

[0019] Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist ein kapazitiver Keramik-Sensor vorausgesetzt, so daß das Sensorelement 2 außer der Membran 21 auch einen Grundkörper 22 aufweist. Dieser ist an einem Rand mit einem Rand der Membran 21 unter Bildung einer Kammer mittels einer Fügestelle druckdicht verbunden. Durch den Grundkörper 22 hindurch ist eine der Führung von Referenzluft dienende Bohrung 221 von einer Außenseite bis in die Kammer angebracht.

[0020] Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, was aber in Fig. 1 nicht dargestellt ist, daß auf einer Innenseite der Membran 21 eine Elektrode und auf einer gegenüberliegenden Innenseite des Grundkörpers 22 mindestens eine Elektrode angeordnet sind.

[0021] Die Elektrode der Membran 21 ist durch die Fügestelle hindurch elektrisch kontaktiert und außerhalb z.B. mit einem Schaltungsnulpunkt verbunden. Die Elektrode bzw. Elektroden des Grundkörpers 22 ist bzw. sind durch den Grundkörper 22 hindurch zu dessen Außenseite hin elektrisch kontaktiert und führen zu einer darauf angeordneten elektronischen Schaltung 4.

[0022] Diese formt die Kapazitätsänderungen z.B. in eine sich entsprechend ändernde elektrische Spannung um, die über zwei Leitungen 41, 42 zu einer Printplatte 5 und von dort, gegebenenfalls nach weiterer elektronischer Verarbeitung, über ein Kabel 51 zu einer Buchse 6 gelangt.

[0023] Anstatt des im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 dargestellten kapazitiven Keramik-Sensors kann auch ein resistiver oder piezoelektrischer Sensor verwendet werden. Bei diesen Arten von Sensoren trägt die jeweilige Membran Dehnmeßstreifen, z.B. einen einzigen Dehnmeßstreifen oder eine Halbbrücke oder eine Vollbrücke, also zwei in Serie geschaltete bzw. vier Dehnmeßstreifen, bzw. mindestens ein Piezoelement.

[0024] Das Sensorelement 2 ist in ein Gehäuse 7 eingesetzt, das einen Innenraum 71 und einen Frontteil 72 hat, der über den Innenraum hinweg weitgehend offen ist und in dessen Nähe die Membran 21 den Innenraum 71 derart verschließt, daß der Frontteil 72 über die Membran 21 vorsteht. In Fig. 1 ist dies daurach erreicht, daß das Sensorelement vom Innenraum 71 her unter Zwischenlage einer Dichtung 73, z.B. eines O-Ringes, gegen einen Vorsprung 721 des Frontteils 72 gepreßt ist.

[0025] Hierzu dient in Fig. 1 ein Ring 74, der sich auf dem Grundkörper 22 abstützt und gegen den ein Schraubring 75 drückt. Im Ring 74 beginnt dort, wo die Bohrung 221 des Grundkörpers 22 mündet, eine senkrechte Bohrung 741, die in eine waagrechte, an der Mantelfläche mündende Bohrung 742 übergeht.

[0026] Durch den Frontteil 72 hindurch ist von einer Außenseite her in das Gehäuse 7 hinein eine Bohrung 722 zur Führung von Referenzluft angebracht. Diese Bohrung 722 steht mit der waagrechten Bohrung 742 über einen Spalt 743 zwischen dem Ring 74 und dem

Gehäuse 7 in Verbindung.

[0027] Die Bohrung 721 ist von der Außenseite her mit einem offenporigen, gut wärmeleitenden und hydrophoben Filter 8 verschlossen. In Fig. 1 ist der Filter 8 mittels eines wärmeleitenden Klebers 81 in der Bohrung 721 fixiert. Der Filter 8 ist bevorzugt ein hydrophob gemachtes Sintermetall, insb. aus Edelstahl oder Bronze, oder ein hydrophob gemachter Metall-Schwamm, insb. aus Titan oder Zirconium.

[0028] Das Gehäuse 7 weist ferner einen Deckel 76 auf, so daß alle im Innenraum 71 angeordneten und oben erwähnten Teile des Sensors von der Seite des Deckels ins Gehäuse eingesetzt werden können. Ferner weist das Gehäuse 7 oberhalb der den Filter 8 aufnehmenden Bohrung 721 eine Ringnut 77 auf, die der Wärme-Entkopplung zwischen Gehäuse-Unterteil und -Oberteil dient. In der Ringnut kann, wie dargestellt, eine nur teilweise gezeigte wärme-isolierende Spannscheibe 78 angeordnet werden.

[0029] In Fig. 2 ist schematisch eine Beschichtungsvorrichtung 9 dargestellt, in der Filter aus Sintermetall oder Metall-Schwamm hydrophob gemacht werden. Derartige Sintermetall-Filter aus Edelstahl (1.4404) oder Bronze bzw. Metall-Schwämme aus Titan oder Zirconium haben bevorzugt einen Poren-Durchmesser von 1 µm bis 10 µm und werden zunächst mit den benötigten Abmessungen, also Länge und Durchmesser, fertig hergestellt.

[0030] Werden Filter aus Edelstahl verwendet, so werden diese vor dem Hydrophob-Machen zunächst gereinigt, um die Haftung der aufzubringenden hydrophoben Beschichtung zu gewährleisten. Da ein Reinigen in einer entsprechenden Flüssigkeit wegen der erwähnten geringen Porengröße der Filter nicht möglich ist - die Flüssigkeit würde die Poren verstopfen -, werden die Edelstahl-Filter in strömendem Wasserstoff gereinigt. Hierzu werden die Filter auf ca. 1.000 °C in einem Quarzrohr erhitzt. Der Wasserstoff durchströmt den Quarzkolben unter ca. 10<sup>5</sup> Pa (= 1 bar) Überdruck und wird am Auslaß abgebrannt.

[0031] Die anderen genannten Filter-Materialien sind in vergleichbarer Weise zu reinigen, wobei im Falle von Zirconium-Schwamm als gas, in dem gereinigt wird, nicht Wasserstoff, sondern z.B. Argon verwendet wird.

[0032] Nach dem Erkalten und dem Entnehmen aus dem Quarzrohr werden die sauberen Filter in die Beschichtungsvorrichtung 9 gebracht. Diese umfaßt einen zur Atmosphäre offenen Flüssigkeitsbehälter 91, an dessen Unterseite ein erstes Ventil 92 angebracht ist. Der Atmosphärendruck p kann somit auf die Flüssigkeit 93 im Behälter 91 einwirken.

[0033] Die Flüssigkeit 93 ist ein in einem Lösungsmittel, z.B. in Tetrachlorkohlenstoff, stark verdünntes Imprägniermittel, wie z.B. ein Silikonöl, Paraffinöl oder ein fluoriertes Siloxan. Bevorzugt beträgt das Mischungsverhältnis von Imprägniermittel zu Lösungsmittel etwa 1:20.

[0034] Unterhalb des Ventils 92 befinden sich die sau-

beren Filter 8 in einem Filteraufnahmerraum 94' eines Rohres 94 oberhalb von einem Strömungsgpaß 95 für die Flüssigkeit 93. Das Rohr 94 mündet in einen Auffangbehälter 96 für die Flüssigkeit 93, der über ein zweites Ventil 97 an eine durch den Pfeil veranschaulichte Vakuumpumpe angeschlossen ist.

[0035] Nach dem Einfüllen der Filter werden das Ventil 92 geschlossen, das Ventil 97 geöffnet und die Vakuumpumpe eingeschaltet, so daß aus den Poren der Filter die darin befindliche Luft entfernt wird. Nach dem Evakuieren werden das Ventil 97 geschlossen und das Ventil 92 geöffnet.

[0036] Dadurch strömt unter der Wirkung des Atmosphärendrucks  $p$  die Flüssigkeit 93, also Imprägniermittel, in den Filteraufnahmerraum 94', umhüllt die Filter 8 und zieht in deren Poren hinein. Nach dem Einlaufen der gesamten, zuvor in den Flüssigkeitsbehälter 91 eingefüllten Menge an Imprägniermittel in den Filteraufnahmerraum 94' wird das Ventil 97 geöffnet. Dadurch herrscht im Filteraufnahmerraum 94' Atmosphärendruck, der endgültig alle Poren der Filter 8 mit Imprägniermittel vollpreßt.

[0037] Nun werden die imprägnierten Filter entnommen und auf bevorzugt ca. 200 °C erhitzt. Dadurch wird das Lösungsmittel verdampft und das Imprägniermittel in die Oberflächen der Poren eingearbeitet, so daß diese hydrophob werden.

#### Patentansprüche

##### 1. Relativdruck-Sensor (1), der umfaßt:

- ein kapazitives, resistives oder piezoelektrisches Sensorelement (2)
- mit einer Membran (21),
- von der eine Außenfläche (211) mit einem unter einem Druck stehenden Medium beim Messen in direkten Kontakt kommt, und
- ein Gehäuse (7)
- mit einem Innenraum (71),
- mit einem über den Innenraum weitgehend offenen Frontteil (72),
- in dessen Nähe die Membran den Innenraum derart verschließt, daß der Frontteil über die Membran vorsteht, und
- mit einer durch den Frontteil von einer Außenseite in das Gehäuse hinein angebrachten Bohrung (721) zur Führung von Referenzluft,

5 --- die von der Außenseite her mit einem offenenporigen, gut wärmeleitenden und hydrophoben Filter (8) verschlossen ist, so daß sich Filter und Membran auf möglichst gleicher Temperatur befinden.

- 2. Relativdruck-Sensor nach Anspruch 1, bei dem der Filter (8) aus einem hydrophob gemachten Sintermetall oder einem hydrophob gemachten Metall-Schwamm besteht.
- 3. Relativdruck-Sensor nach Anspruch 2, bei dem das Sintermetall aus Edelstahl oder Bronze besteht.
- 4. Relativdruck-Sensor nach Anspruch 2, bei dem der Filter (8) aus einem hydrophob gemachten Titan- oder Zirconium-Schwamm besteht.
- 20 5. Relativdruck-Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4 mit einem kapazitiven Sensorelement,
  - das zusätzlich zur Membran (21) einen Grundkörper (22) umfaßt,
  - der an einem Rand mit einem Rand der Membran unter Bildung einer Kammer mittels einer Fügestelle druckdicht verbunden ist und
  - durch den eine der Führung von Referenzluft dienende Bohrung (221) von einer Außenseite bis in die Kammer hindurchführt, und
- 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95
- bei dem auf einer Innenseite der Membran eine Elektrode und auf einer gegenüberliegenden Innenseite des Grundkörpers mindestens eine Elektrode angeordnet sind,
- wobei die Elektrode(n) des Grundkörpers durch diesen hindurch zu dessen Außenseite hin elektrisch kontaktiert sind und
- die Elektrode der Membran durch die Fügestelle hindurch elektrisch kontaktiert ist.
- 6. Relativdruck-Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4 mit einem resistiven Sensorelement, bei dem auf der Membran (21) ein einziger Dehnmeßstreifen oder eine Halbbrücke aus zwei Dehnmeßstreifen oder eine Vollbrücke aus vier Dehnmeßstreifen angeordnet ist.
- 7. Relativdruck-Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4 mit einem piezoelektrischen Sensorelement, bei dem auf der Membran (21) mindestens ein Piezoelement angeordnet ist.

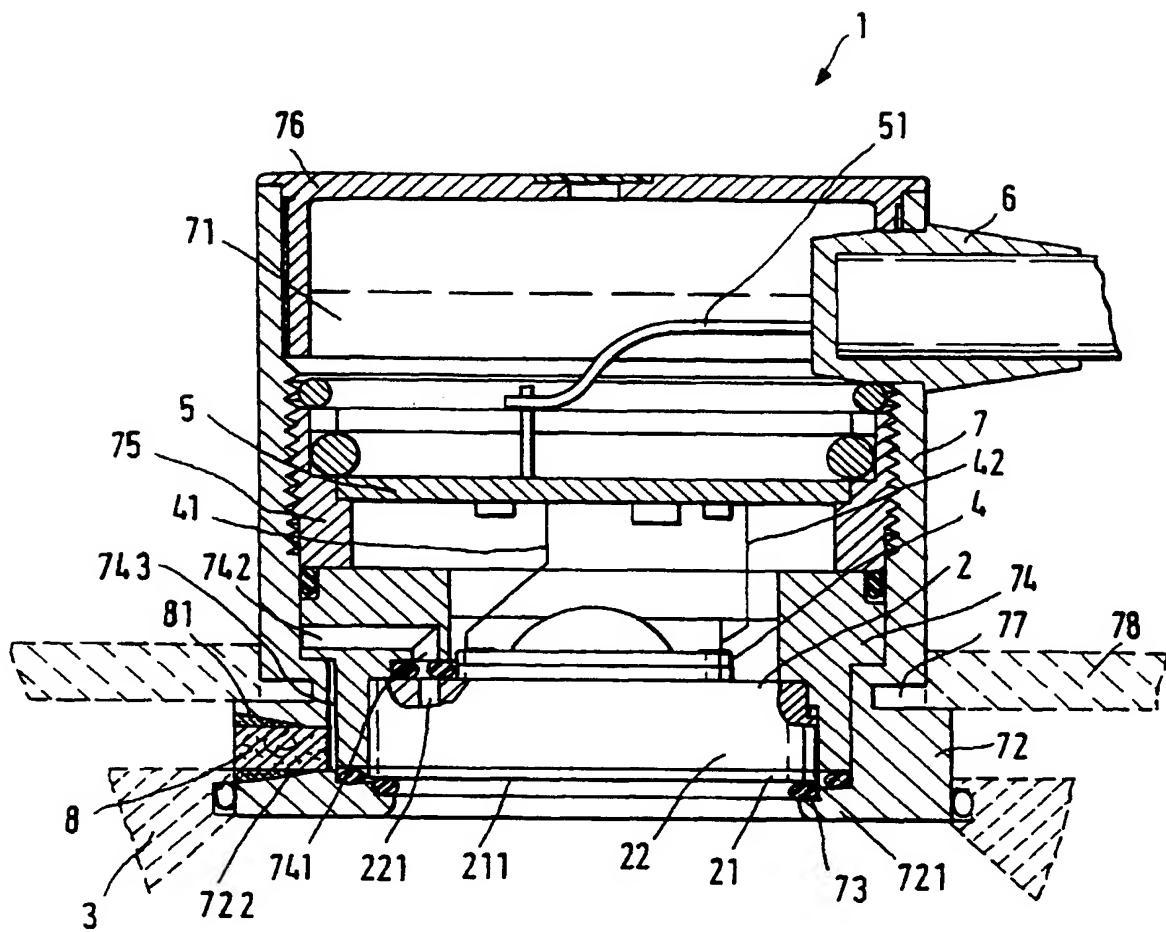


FIG. 1

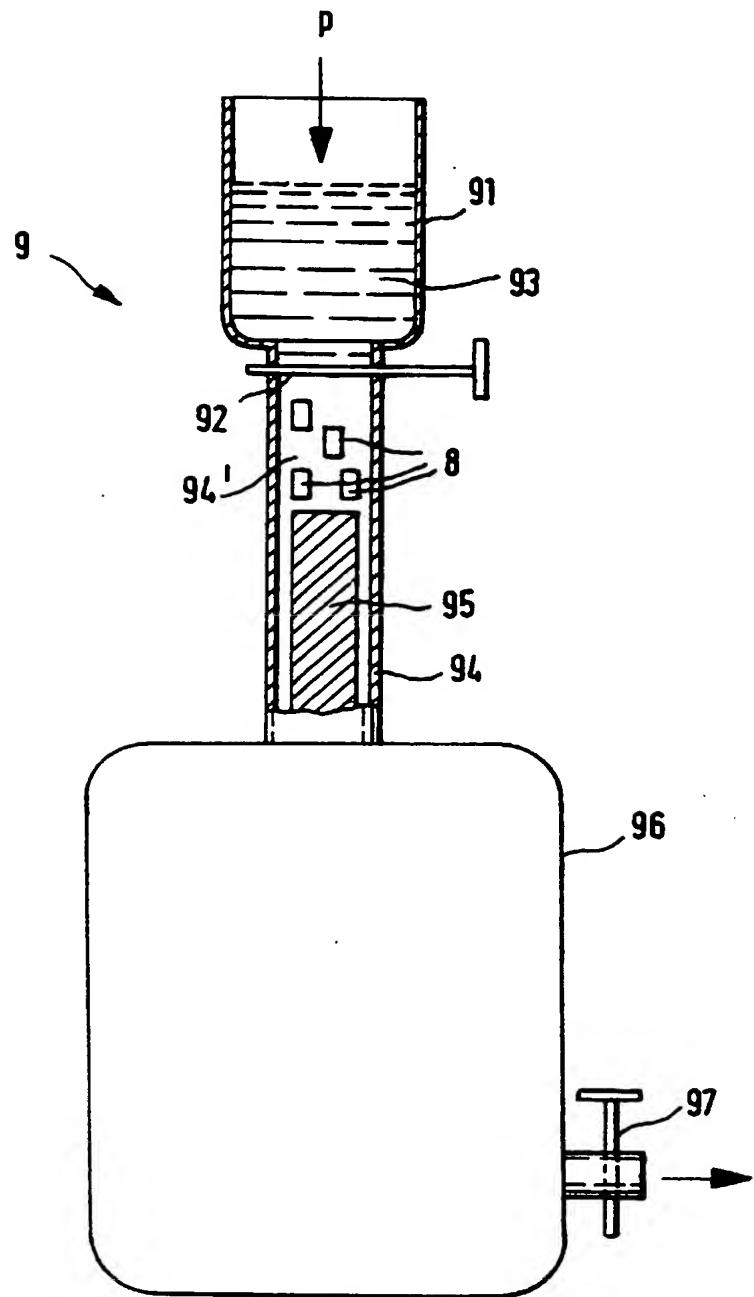


FIG. 2

THIS PAGE BLANK (USPTO)